



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) DE 102 37 973 A1 2004.03.04

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: 102 37 973.4

(22) Anmeldetag: 20.08.2002

(43) Offenlegungstag: 04.03.2004

(51) Int Cl.⁷: A61M 16/00

(71) Anmelder:

Gottlieb Weinmann Geräte für Medizin und
Arbeitsschutz GmbH & Co., 22525 Hamburg, DE

(74) Vertreter:

Patentanwälte
HANSMANN-KLICKOW-HANSMANN, 22767
Hamburg

(72) Erfinder:

Tiemann, Björn, 20535 Hamburg, DE

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht zu
ziehende Druckschriften:

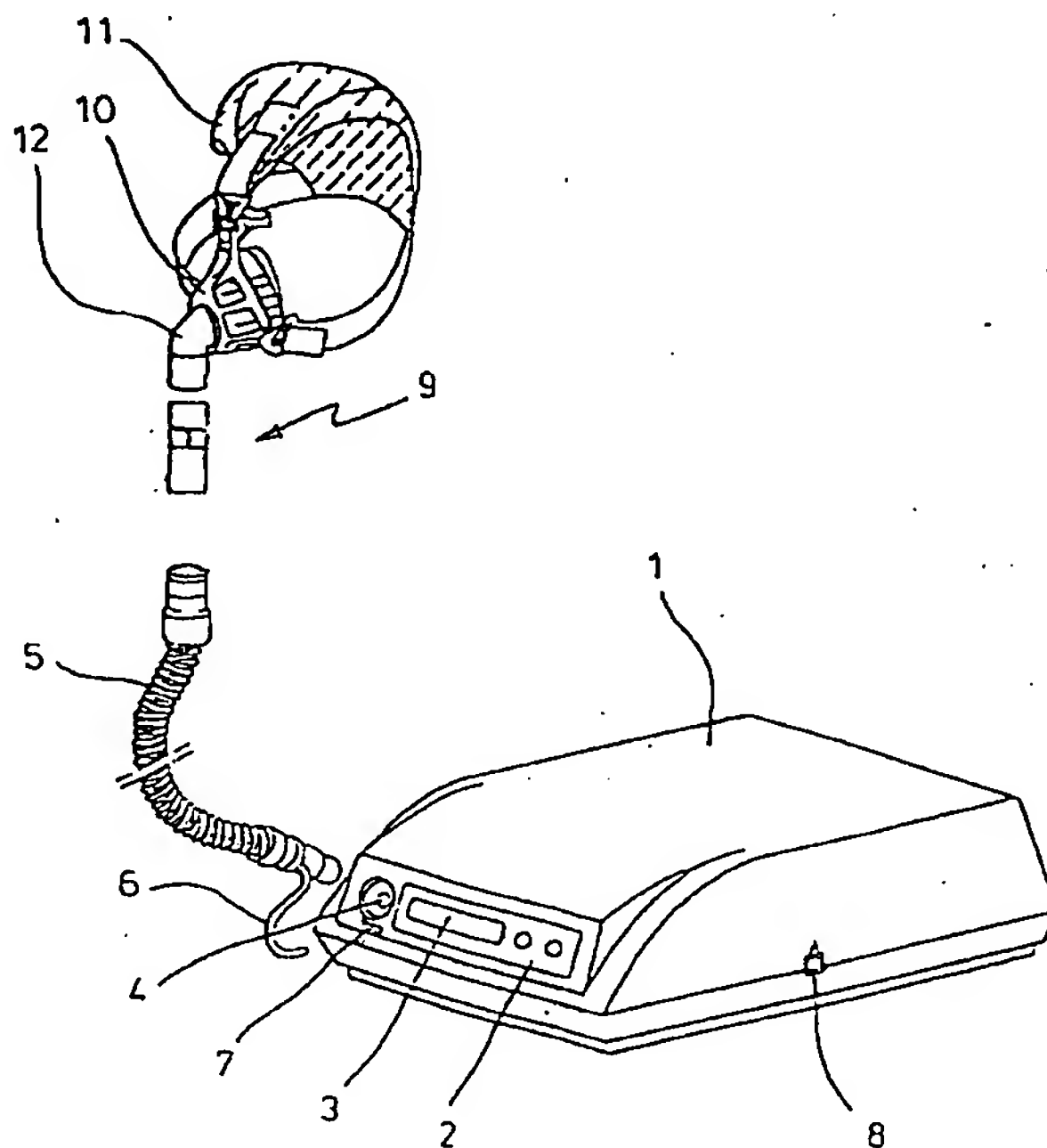
DE 34 13 037 C2
DE 100 14 427 A1
DE 695 26 549 T2
DE 694 30 693 T2
DE 694 30 189 T2
DE 693 27 592 T2
DE 690 14 694 T2
DE 689 18 941 T2

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Rechercheantrag gemäß § 43 Abs. 1 Satz 1 PatG ist gestellt.

(54) Bezeichnung: Verfahren und Vorrichtung zur Erfassung eines Strömungsvolumens

(57) Zusammenfassung: Das Verfahren und die Vorrichtung dienen zur Erfassung eines Strömungsvolumens bei der Durchführung eines Beatmungsvorganges. Es wird mindestens ein mit dem Strömungsvolumen im Zusammenhang stehender Parameter meßtechnisch erfaßt und einer Auswertungseinheit zugeführt. Das Strömungsvolumen wird von einer Pumpeinrichtung gefördert, die von einem elektrisch gespeisten Motor angetrieben ist. Es wird sowohl eine Drehzahl des Motors als auch ein Druck im Bereich des Strömungsvolumens meßtechnisch erfaßt und der Auswertungseinheit zugeführt. Das Strömungsvolumen wird von der Auswertungseinheit durch eine rechnerische Verknüpfung der Meßwerte für den Druck und die Drehzahl ermittelt. Zur meßtechnischen Erfassung des Druckes und der Drehzahl werden Sensoren verwendet.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Erfassung eines Strömungsvolumens bei der Durchführung eines Beatmungsvorganges, bei dem mindestens ein mit dem Strömungsvolumen im Zusammenhang stehender Parameter meßtechnisch erfaßt und einer Auswertungseinheit zugeführt wird und bei dem das Strömungsvolumen vom einer Pumpeinrichtung gefördert wird, die von einem elektrisch gespeisten Motor angetrieben ist.

Stand der Technik

[0002] Die Erfindung betrifft darüber hinaus eine Vorrichtung zur Erfassung eines Strömungsvolumens bei der Durchführung eines Beatmungsvorganges, die mindestens einen Sensor zur Messung mindestens eines mit dem Strömungsvolumen im Zusammenhang stehenden Parameters aufweist und bei der der Sensor an eine Auswertungseinheit angeschlossen ist sowie bei der eine Pumpeinrichtung zur Förderung des Strömungsvolumens mit einem elektrisch gespeisten Motor versehen ist.

[0003] Bei der Durchführung einer Beatmung von Patienten ist es häufig erforderlich, eine möglichst exakte Erfassung des Strömungsvolumens an Atemgas durchzuführen. Eine derartige Erfassung ist sowohl im Hinblick auf eine Überwachung der Beatmungseinrichtung als auch im Hinblick auf eine Steuerung der Beatmungseinrichtung von Bedeutung. Im Hinblick auf die Überwachungsfunktion ist es durch die Erfassung des Strömungsvolumens an Beatmungsgas möglich, eine ausreichende Sauerstoffversorgung des Patienten zu kontrollieren und gegebenenfalls entsprechende Anzeigeeinrichtungen zu aktivieren oder gegebenenfalls durch die Steuerung des Gerätes ein vergrößertes oder vermindertes Strömungsvolumen bereitzustellen. Bei einer Steuerung des Gerätes ist insbesondere auch eine Synchronisierung der Funktion des Beatmungsgerätes mit einem natürlichen Atmungsrythmus des Patienten von Bedeutung, damit der Patient nicht gegen das Beatmungsgerät anatmen muß und hierdurch eine zusätzliche Atemarbeit für den Patienten verursacht wird.

[0004] Zur Durchführung einer Ermittlung des Strömungsvolumens ist es beispielsweise bekannt, Sensoren mit temperierbaren Hitzdrähten zu verwenden, die mit temperaturabhängigen Widerständen versehen sind. Bei einer Beheizung eines der Widerstandsdrähte kann im Bereich eines weiteren Hitzdrahtes eine Temperaturveränderung erfaßt werden, die vom jeweiligen Strömungsvolumen abhängig ist. Ebenfalls ist es bereits bekannt, über dem Strömungsvolumen ausgesetzte Meßbrücken mit temperaturabhängigen Widerständen das Strömungsvolumen zu erfassen, da auch hier Abkühleffekte vom jeweiligen Strömungsvolumen abhängig sind. Die bekannten Sensoren erweisen sich jedoch als relativ

aufwendig und insbesondere bei wechselnden Strömungsrichtungen sowie zeitlich variierenden Strömungsgeschwindigkeiten sind entweder aufwendige Auswertungseinrichtungen erforderlich oder die Meßgenauigkeit kann noch nicht alle Anforderungen erfüllen.

Aufgabenstellung

[0005] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es daher, ein Verfahren der einleitend genannten Art derart zu verbessern, daß mit geringem apparativen Aufwand eine genaue Erfassung des Strömungsvolumens unterstützt wird.

[0006] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß sowohl eine Drehzahl des Motors als auch ein Druck im Bereich des Strömungsvolumens meßtechnisch erfaßt sowie der Auswertungseinheit zugeführt werden und daß das Strömungsvolumen von der Auswertungseinheit durch eine rechnerische Verknüpfung der Meßwerte für den Druck und die Drehzahl ermittelt wird.

[0007] Weitere Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, eine Vorrichtung der einleitend genannten Art derart zu konstruieren, daß eine hohe Meßgenauigkeit bei Verwendung einfacher Sensoren erreicht wird.

[0008] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß der Motor mit einem Sensor zur Drehzahlerfassung versehen und im Bereich des Strömungsvolumens ein Sensor zur Druckmessung angeordnet ist, daß beide Sensoren an die Auswertungseinheit angeschlossen sind und daß die Auswertungseinheit mit einer Recheneinheit zur Bestimmung des Strömungsvolumens durch eine rechnerische Verknüpfung der Meßwerte für den Druck und die Drehzahl versehen ist.

[0009] Die meßtechnische Erfassung der Drehzahl des Motors sowie die meßtechnische Erfassung des Druckes im Bereich des Strömungsvolumens können mit konstruktiv einfachen Sensoren preiswert und mit hoher Genauigkeit erfolgen. Durch die rechnerische Auswertung dieser Meßgrößen im Bereich der Auswertungseinheit ist es möglich, unter Berücksichtigung eines mathematischen Modells der strömungstechnischen Eigenschaften der Gesamtanordnung das jeweilige Strömungsvolumen zu ermitteln. Die Berechnung des Strömungsvolumens aus den gemessenen Parametern erfolgt nach vergleichsweise einfachen Berechnungsvorschriften, so daß die Umrechnung beispielsweise unter Verwendung eines einfachen Mikroprozessors durchgeführt werden kann. Alternativ ist es aber auch möglich, eine analoge Ermittlung mit Hilfe von Bauelementen durchzuführen, die geeignete Kennlinien besitzen.

[0010] Eine Ermittlung eines aktuellen Strömungsvolumens wird dadurch unterstützt, daß die rechnerische Verknüpfung unter Berücksichtigung einer Gerätecharakteristik durchgeführt wird, die durch ein Kennlinienfeld definiert wird.

[0011] Zur Ermöglichung einer Ermittlung des Strömungsvolumens mit geringem Zeitaufwand wird vorgeschlagen, daß das Kennlinienfeld vor einer Erfassung des Strömungsvolumens meßtechnisch aufgenommen wird.

[0012] Eine weitere Verkürzung des Zeitaufwandes kann dadurch erfolgen, daß eine tatsächliche physikalische Abhängigkeit zwischen dem Strömungsvolumen und einem im Bereich des Strömungsvolumens herrschenden Druck durch eine gemischt quadratische Gleichung angenähert wird.

[0013] Zur Bereitstellung einfacher Berechnungsvorschriften wird vorgeschlagen, daß eine Parametrisierung des Kennlinienfeldes durchgeführt wird.

[0014] Eine weitere Vereinfachung erfolgt dadurch, daß eine Abhängigkeit von Sekundärkoeffizienten der gemischt quadratischen Gleichung von der Drehzahl durch eine gemischt quadratische Gleichung bestimmt wird.

[0015] Eine hohe Verarbeitungsgeschwindigkeit wird auch dadurch unterstützt, daß Primärkoeffizienten der Gleichung für die Drehzahlabhängigkeit vor einer Ermittlung des Strömungsvolumens festgelegt und abgespeichert werden.

[0016] Zur Bereitstellung aktueller Werte für ein jeweiliges Strömungsvolumen wird vorgeschlagen, daß bei der Erfassung des Strömungsvolumens zyklisch eine Ermittlung der Sekundärkoeffizienten aus den abgespeicherten Primärkoeffizienten in Abhängigkeit von der jeweiligen Drehzahl durchgeführt wird.

[0017] Ein typischer Verfahrensablauf erfolgt derart, daß zyklisch zu einer jeweiligen Drehzahl aus den abgespeicherten Primärkoeffizienten die Sekundärkoeffizienten errechnet und unter Verwendung der Sekundärkoeffizienten und unter Berücksichtigung des aktuellen Druckes das aktuelle Strömungsvolumen berechnet wird.

[0018] Fig. 1 Eine perspektivische Darstellung eines Beatmungsgerätes mit Verbindungsschlauch zu einer Beatmungsmaske,

[0019] Fig. 2 ein prinzipielles Blockschaltbild zur Veranschaulichung einer gerätetechnischen Anordnung der verwendeten Sensoren,

[0020] Fig. 3 ein Diagramm zur Veranschaulichung von Kennlinien, die die Abhängigkeit des Strömungsvolumens vom Druck veranschaulichen und für unterschiedliche Motordrehzahlen dargestellt sind,

[0021] Fig. 4 ein Diagramm zur Gegenüberstellung eines zeitlichen Verlaufes eines tatsächlichen Strömungsvolumens und eines errechneten Strömungsvolumens.

[0022] Fig. 1 zeigt den grundsätzlichen Aufbau einer Vorrichtung zur Beatmung. Im Bereich eines Gerätegehäuses (1) mit Bedienfeld (2) sowie Anzeige (3) ist in einem Geräteinnenraum eine Atemgaspumpe angeordnet. Über eine Kopplung (4) wird ein Verbindungsschlauch (5) angeschlossen. Entlang des Verbindungsschlauches (5) kann ein zusätzlicher Druckmeßschlauch (6) verlaufen, der über einen

Druckeingangsstutzen (7) mit dem Gerätegehäuse (1) verbindbar ist. Zur Ermöglichung einer Datenübertragung weist das Gerätegehäuse (1) eine Schnittstelle (8) auf.

[0023] Im Bereich einer dem Gerätegehäuse (1) abgewandten Ausdehnung des Verbindungsschlauches (5) ist ein Ausatmungselement (9) angeordnet. Ebenfalls kann ein Ausatemventil verwendet werden.

[0024] Fig. 1 zeigt darüber hinaus eine Beatmungsmaske (10), die als Nasalmaske ausgebildet ist. Eine Fixierung im Bereich eines Kopfes eines Patienten kann über eine Kopfhaut (11) erfolgen. Im Bereich ihrer dem Verbindungsschlauch (5) zugewandten Ausdehnung weist die Beatmungsmaske (10) ein Kupplungselement (12) auf.

[0025] Fig. 2 zeigt ein schematische Blockschaltbild zur Erläuterung eines Teiles eines inneren Aufbaues des Gerätes entsprechend Fig. 1. Zur Förderung des Strömungsvolumens an Atemgas ist eine Pumpeinrichtung (13) vorgesehen, die als ein Gebläse ausgebildet ist. Die Pumpeinrichtung (13) wird von einem Motor (14) angetrieben. Zur Erfassung einer Drehzahl des Motors (14) ist ein Sensor (15) verwendet, der an eine Auswertungseinheit (16) angeschlossen ist. Im Bereich einer von der Pumpeinrichtung (13) gespeisten Leitung (17) für das Strömungsvolumen ist ein Sensor (18) zur Erfassung eines Druckes angeordnet. Auch der Sensor (18) ist an die Auswertungseinheit (16) angeschlossen.

[0026] Im Bereich der Auswertungseinheit (16) ist eine Recheneinheit (19) implementiert, die eine rechnerische Verknüpfung der Meßwerte für den Druck und die Drehzahl vornimmt und hieraus einen aktuellen Volumenfluß berechnet. Bei einer Ausbildung der Auswertungseinheit (16) als Digitalrechner, beispielsweise als Mikroprozessor, ist es möglich, die Recheneinheit (19) als Teil der Ablaufprogrammierung der Auswertungseinheit (16) zu realisieren. Bei einer analogen Ausbildung der Auswertungseinheit (16) ist auch daran gedacht, die Recheneinheit (19) über Bauelemente mit linearem oder nichtlinearem elektrischen Verhalten zu realisieren.

[0027] Fig. 3 veranschaulicht ein Kennlinienfeld, das für ein beispielhaft gewähltes Beatmungssystem die Abhängigkeit des Strömungsvolumens vom jeweiligen Druck wiedergibt. Es ist insbesondere zu erkennen, daß sich bei unterschiedlichen Drehzahlen des Motors (14) unterschiedliche Kennlinienverläufe ergeben. Die jeweiligen Kennlinien bestehen aus näherungsweise parabelförmigen Teilbereichen, die in einer Umgebung der Druck-Achse von näherungsweise linearen Verläufen verbunden sind.

[0028] Fig. 4 stellt einen gemessenen Verlauf (20) des Strömungsvolumens und einen von der Auswertungseinheit (16) berechneten Verlauf (21) gegenüber. Das Strömungsvolumen ist dabei in l/sec angegeben. Es ist zu erkennen, daß eine sehr weitgehende Übereinstimmung vorliegt.

[0029] Für eine Realisierung des erfindungsgemäßen Verfahrens sowie bei einem Aufbau der erfin-

dungsgemäßen Vorrichtung wird meßtechnisch das Kennlinienfeld gemäß Fig. 3 bestimmt. Für unterschiedliche Motordrehzahlen wird dabei für die Gesamtheit aus Motor (14), Pumpeinrichtung (13), Leitung (17) sowie Sensor (18) die jeweilige Kennlinie bestimmt. Für die einzelnen Kennlinien K zu jeder Drehzahl ergibt sich hierbei der Druck P in Abhängigkeit vom Volumenfluß F entsprechend der Gleichung $P_k(F) = a_{k2} \cdot F^2 + a_{k1} \cdot F + a_{k0}$

[0030] Die obige Gleichung stellt eine Annäherung des tatsächlichen Verlaufes dar, es zeigt sich aber, daß diese Annäherung eine gute Übereinstimmung mit dem tatsächlichen Kennlinienverlauf aufweist. Jeder der Sekundärkoeffizienten a_{ki} mit $i = 0$ bis 2 ist von der jeweiligen Drehzahl abhängig. Die obige Gleichung läßt sich deshalb auch in der Form $P(F) = a_2(n) \cdot F^2 + a_1(n) \cdot F + a_0(n)$ darstellen. Es zeigt sich, daß auch die Sekundärkoeffizienten a_{ki} in guter Näherung mit einer quadratischen Gleichung aus der jeweiligen Drehzahl bestimmt werden können. Ein entsprechender Gleichungsansatz lautet $a_i = b_{i2} \cdot n^2 + b_{i1} \cdot n + b_{i0}$.

[0031] Die Primärkoeffizienten b_{ik} repräsentieren hier die mechanischen und elektrischen Eigenschaften des Gesamtsystems und können meßtechnisch bestimmt werden. Unter Berücksichtigung der quadratischen Ansätze für die Abhängigkeit zwischen dem Druck und dem Volumenfluß sowie den Sekundärkoeffizienten a_{ik} von den Primärkoeffizienten b_{ik} sind insgesamt neun Koeffizienten b_{ik} meßtechnisch zu bestimmen.

[0032] Die einfache Gleichungsstruktur ermöglicht es, die Sekundärkoeffizienten $a_{k(n)}$ vor jedem neu zu berechnenden Wert für den Volumenfluß aus den bekannten Primärkoeffizienten b_i neu zu berechnen. Der eigentliche Wert für den Volumenfluß wird dann über die Umkehrfunktion der zuerst aufgeführten Gleichung ermittelt.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Erfassung eines Strömungsvolumens bei der Durchführung eines Beatmungsvorganges, bei dem mindestens ein mit dem Strömungsvolumen im Zusammenhang stehender Parameter meßtechnisch erfaßt und einer Auswertungseinheit zugeführt wird und bei dem das Strömungsvolumen von einer Pumpeinrichtung gefördert wird, die von einem elektrisch gespeisten Motor angetrieben ist, **dadurch gekennzeichnet**, daß sowohl eine Drehzahl des Motors (14) als auch Druck im Bereich des Strömungsvolumens meßtechnisch erfaßt sowie der Auswertungseinheit (16) zugeführt werden und daß das Strömungsvolumen von der Auswertungseinheit (16) durch eine rechnerische Verknüpfung der Meßwerte für den Druck und die Drehzahl ermittelt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die rechnerische Verknüpfung unter Berücksichtigung einer Gerätecharakteristik durch-

geführt wird, die durch ein Kennlinienfeld definiert wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß das Kennlinienfeld vor einer Erfassung des Strömungsvolumens meßtechnisch aufgenommen wird.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß eine tatsächliche physikalische Abhängigkeit zwischen dem Strömungsvolumen und einem im Bereich des Strömungsvolumens herrschenden Druck durch eine gemischt quadratische Gleichung angenähert wird.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß eine Parametrisierung des Kennlinienfeldes durchgeführt wird.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß eine Abhängigkeit von Sekundärkoeffizienten der gemischt quadratischen Gleichung von der Drehzahl durch eine gemischt quadratische Gleichung bestimmt wird.

7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß Primärkoeffizienten der Gleichung für die Drehzahlabhängigkeit vor einer Ermittlung des Strömungsvolumens festgelegt und abgespeichert werden.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß bei der Erfassung des Strömungsvolumens zyklisch eine Ermittlung der Sekundärkoeffizienten aus den abgespeicherten Primärkoeffizienten in Abhängigkeit von der jeweiligen Drehzahl durchgeführt wird.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß zyklisch zu einer jeweiligen Drehzahl aus den abgespeicherten Primärkoeffizienten die Sekundärkoeffizienten errechnet und unter Verwendung der Sekundärkoeffizienten und unter Berücksichtigung des aktuellen Druckes das aktuelle Strömungsvolumen berechnet wird.

10. Vorrichtung zur Erfassung eines Strömungsvolumens bei der Durchführung eines Beatmungsvorganges, die mindestens einen Sensor zur Messung mindestens eines mit dem Strömungsvolumen im Zusammenhang stehenden Parameters aufweist und bei der der Sensor an eine Auswertungseinheit angeschlossen ist sowie bei der eine Pumpeinrichtung zur Förderung des Strömungsvolumens mit einem elektrisch gespeisten Motor versehen ist, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Motor (14) mit einem Sensor (15) zur Drehzahlerfassung versehen und im Bereich des Strömungsvolumens ein Sensor (18) zur Druckmessung angeordnet ist, daß beide Sensoren (15,18) an die Auswertungseinheit (16) angeschlos-

sen sind und daß die Auswertungseinheit (16) mit einer Recheneinheit (19) zur Bestimmung des Strömungsvolumens durch eine rechnerische Verknüpfung der Meßwerte für den Druck und die Drehzahl versehen ist.

11. Vorrichtung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Recheneinheit eine Speichereinrichtung zur Bevorratung mindestens eines Teiles von Kenndaten eines Kennlinienfeldes aufweist, das eine Abhängigkeit des Volumenflusses vom Druck definiert.

12. Vorrichtung nach Anspruch 10 oder 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Kenndaten des Kennlinienfeldes in einem Kalibrierungsvorgang vor der Durchführung der Strömungserfassung ermittelt und abgespeichert sind.

13. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 10 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Kenndaten des Kennlinienfeldes über Sekundärkoeffizienten einer gemischt-quadratischen Gleichung als Annäherung an einen tatsächlichen Kennlinienverlauf definiert sind.

14. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 10 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß ein Zusammenhang zwischen den Sekundärkoeffizienten und einer aktuellen Drehzahl durch eine gemischt quadratische Gleichung definiert ist.

15. Vorrichtung nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, daß Sätze von Primärkoeffizienten zur Bestimmung der Sekundärkoeffizienten unter Berücksichtigung einer aktuellen Drehzahl abgespeichert sind.

16. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 10 bis 15, dadurch gekennzeichnet, daß die Auswertungseinheit (16) eine Steuerung zur zyklischen Ermittlung der Sekundärkoeffizienten aufweist.

17. Vorrichtung nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, daß die Steuerung in einem ersten Schritt eine Ermittlung der Sekundärkoeffizienten unter Berücksichtigung einer aktuellen Drehzahl aus den Primärkoeffizienten und in einem zweiten Schritt eine Ermittlung des Strömungsvolumens unter Verwendung der Sekundärkoeffizienten und unter Berücksichtigung des aktuellen Druckes vorgibt.

Es folgen 3 Blatt Zeichnungen

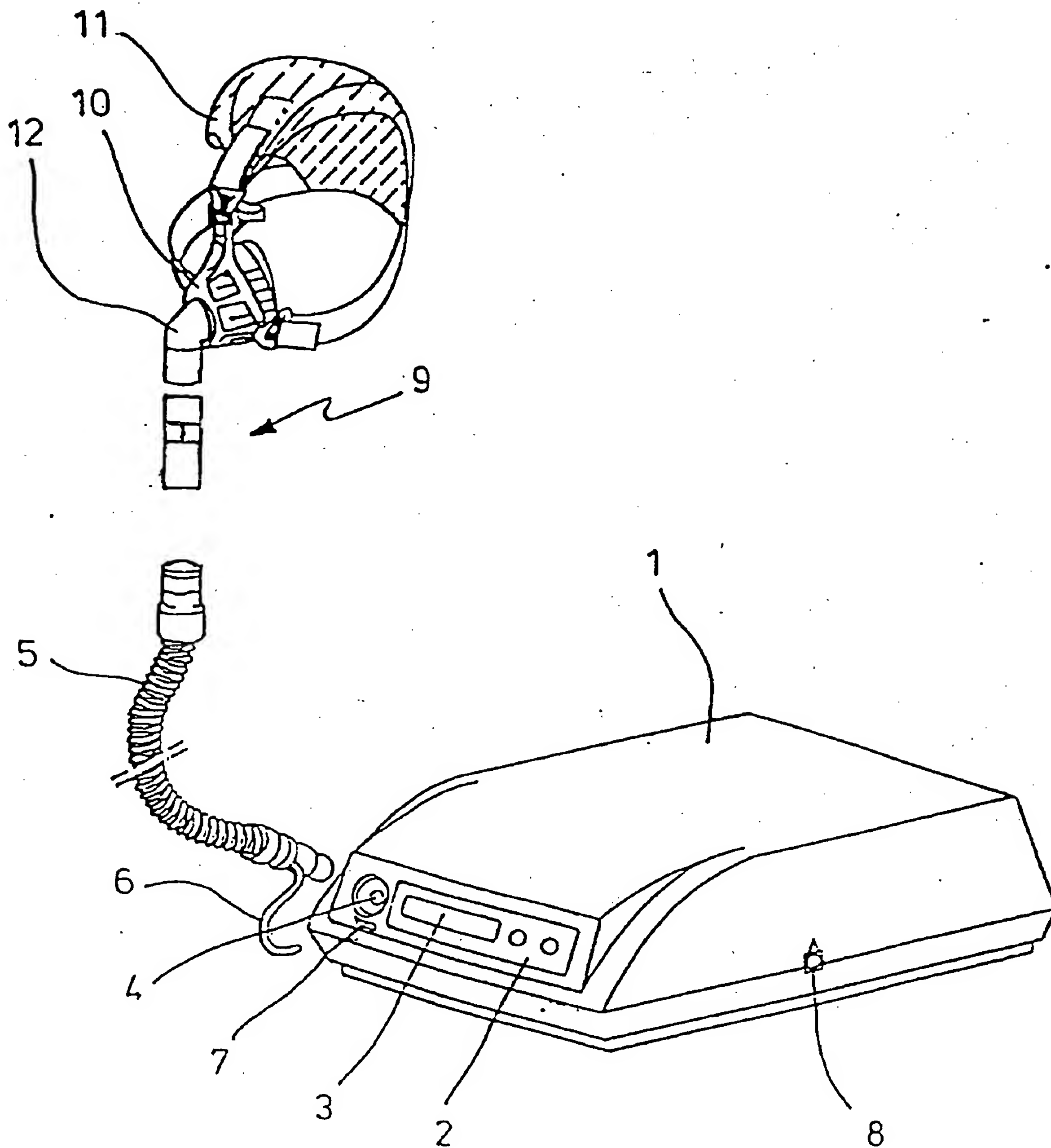


FIG. 1

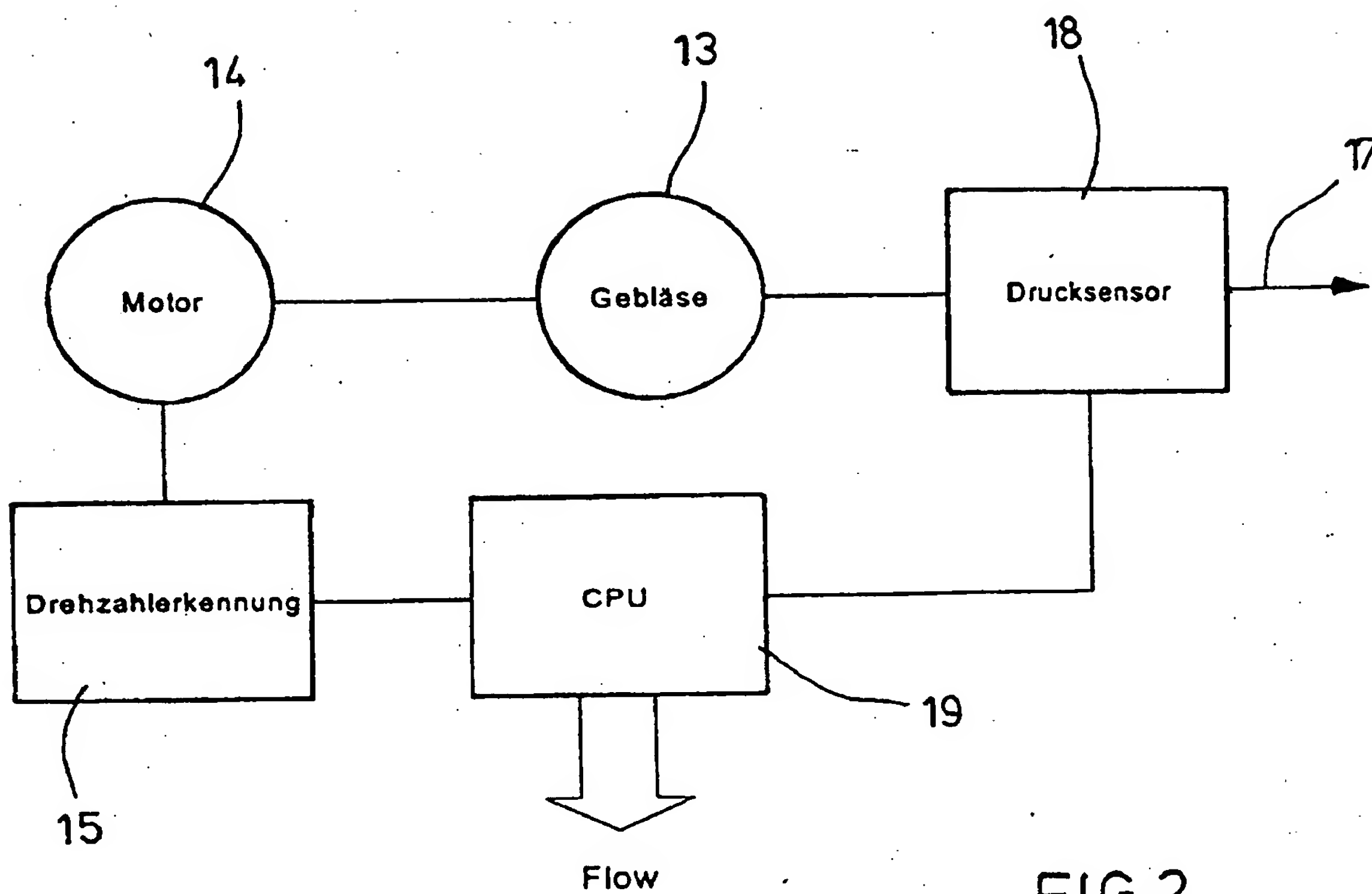


FIG. 2

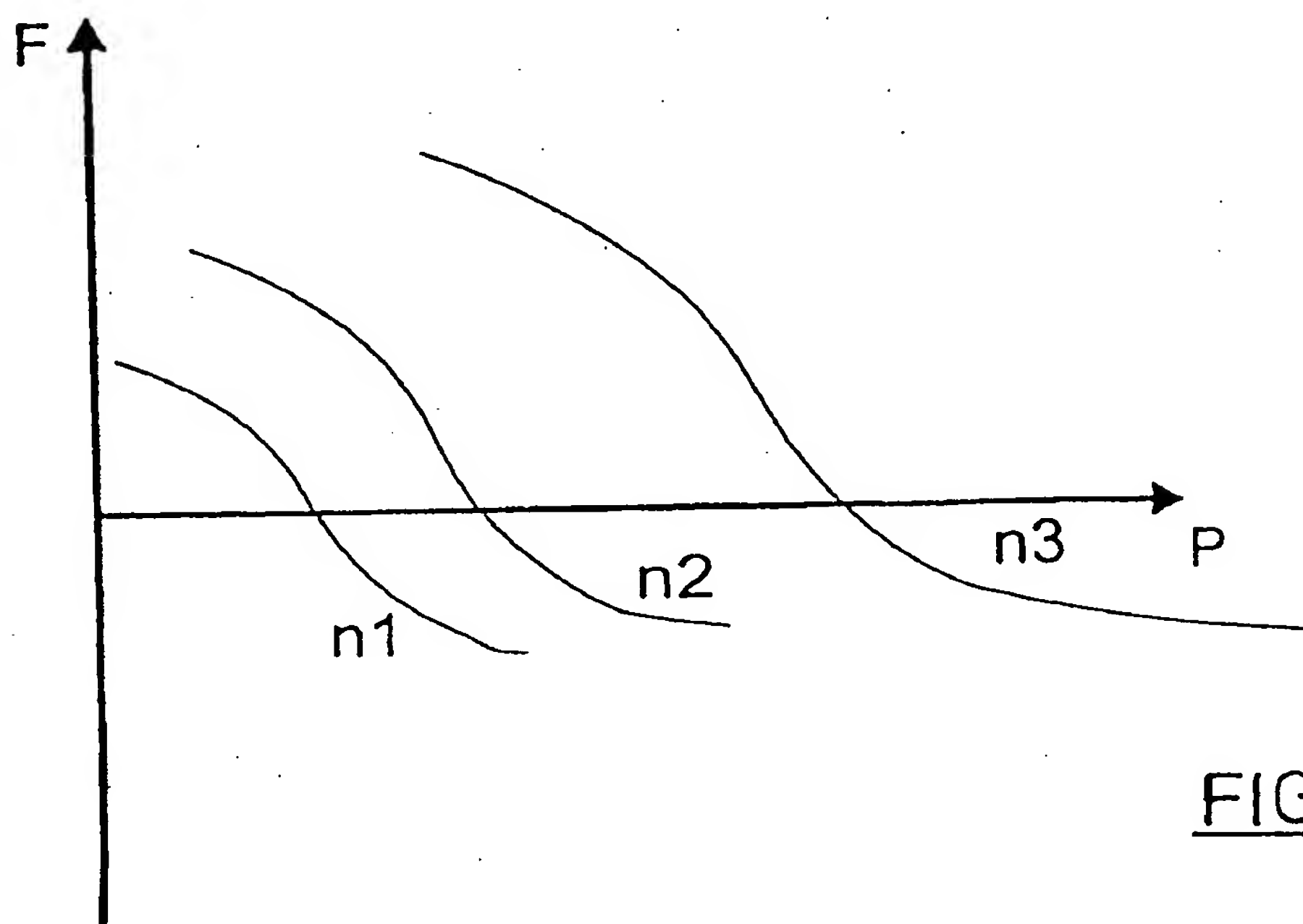


FIG. 3

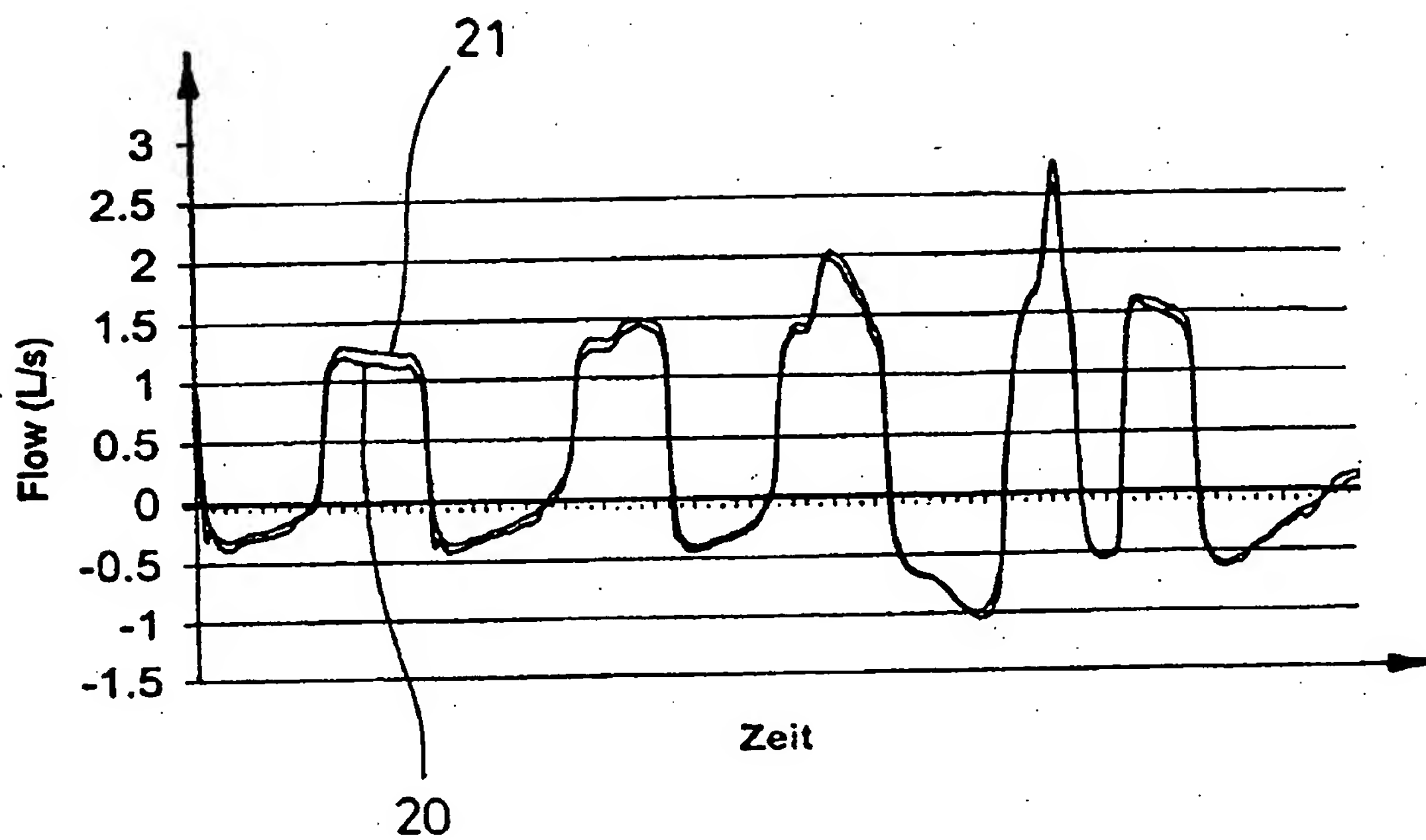


FIG.4